

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-310181

(43) 公開日 平成9年(1997)12月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	S
21/205			21/205	
21/3065			21/31	C
審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 15 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-125770

(22) 出願日 平成8年(1996)5月21日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 寺西 康治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 山上 教士

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 高木 智

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

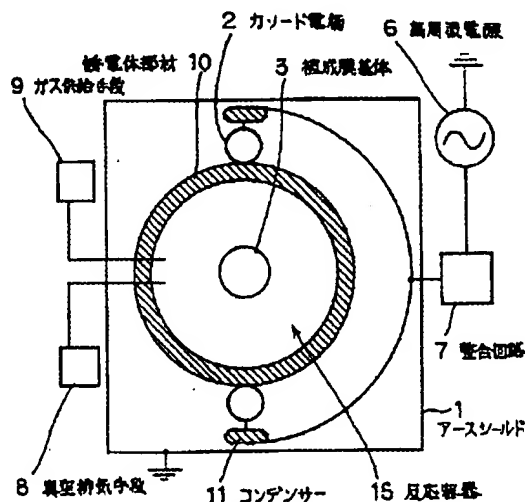
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及び処理方法

(57) 【要約】

【課題】 従来のプラズマプロセスでは達成できなかった処理速度で比較的大面積の基体を均一にプラズマ処理することが可能な装置及び方法は無かった。

【解決手段】 外側に複数のカソード電極2を配置した減圧可能な反応容器15内に、カソード電極2に対向する対向電極を設け、各カソード電極2に30MHz以上、600MHz以下の高周波電力を整合回路7を介して印加してカソード電極2と対向電極間にプラズマを発生させ、前記対向電極上に配置した被処理基体3にプラズマ処理を行う装置であって、カソード電極2と対向電極間にある反応容器15の一部を誘電体部材10で形成し、整合回路7と各カソード電極2との間の各高周波伝送路上にコンデンサ11を配した。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 減圧可能な反応容器内に、カソード電極に対向する対向電極を設け、前記カソード電極に高周波電力を整合回路を介して印加して前記カソード電極と対向電極間にプラズマを発生させ、前記対向電極上に配置した被処理基体にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置において、

前記カソード電極は前記反応容器の外側に複数配置され、前記カソード電極と対向電極間にある前記反応容器の一部は誘電体部材からなることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路上にコンデンサが配されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路を除いて、前記カソード電極が外側に配置された反応容器を覆うアースシールドを有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記高周波電力は30～600MHz以下である、請求項1乃至3のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記反応容器が円筒状であり、且つ、該円筒状の反応容器の外側に複数のカソード電極が等間隔で設置されていることを特徴とする請求項4に記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記反応容器が円筒状であり、且つ、前記被処理基体と前記反応容器とが同心円上に配置されたことを特徴とする請求項4に記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記被処理基体が同心円上に複数個配置されたことを特徴とする請求項6に記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 前記被処理基体が平板状であり、前記被処理基体と前記複数のカソード電極とが対向していることを特徴とする請求項4に記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】 請求項4乃至8のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置を用いて被処理基体にプラズマ処理を行なうことを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置及び処理方法に係わり、特に半導体デバイスとしての電子写真用感光体デバイス、画像入力用ラインセンサー、撮像デバイス、光起力デバイス等に有用な結晶質または非単結晶質の機能性堆積膜を好適に形成し得るプラズマCVD装置及び成膜方法、或いは半導体デバイスや光学素子としての絶縁膜、金属配線等を好適に形成し得るスパッタ装置及び成膜方法、或いは半導体デバイス等のエッチング装置及び方法等のプラズマ処理装置及び処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体等で使用されているプラズマ処理にはそれぞれの用途に応じて様々な方法がある。例えば、プラズマCVD法を用いた酸化膜、窒化膜及びアモルファスシリコン系の半導体膜等の成膜、スパッタリング法を用いた金属配線膜等の成膜、またはエッチングによる微細加工技術等、様々なプラズマの特徴を活用した装置、方法が使用されている。更に、近年、膜質及び処理能力向上に対する要望も強くなっており様々な工夫も検討されている。特に高周波電力を用いたプラズマプロセスは、放電の安定性や酸化膜や窒化膜の絶縁性の材料にも適用できる等の利点から幅広く使用されている。

【0003】従来、プラズマCVD等のプラズマプロセスに用いられる放電用高周波電源の発振周波数は13.56MHzが一般的である。堆積膜形成に一般的に用いられているプラズマCVD装置の一例を図13に示す。図13は、円筒状の電子写真用感光体用のアモルファスシリコン膜（以下a-Si膜と記す）の成膜装置であり、これを用いてa-Si膜の成膜方法を説明する。

【0004】図13に示す成膜装置は、減圧可能な反応容器101内に、絶縁材料113により反応容器101とは電気的に絶縁された円筒状のカソード電極102及び対向電極としての円筒状の被成膜基体103を配置して成る。被成膜基体103は内部の加熱ヒータ105により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ112により駆動される回転機構を有する基体ホルダー104に保持される。カソード電極102には整合回路107を介して高周波電源106が接続されている。また、反応容器101内を真空排気する真空排気手段108、反応容器101内にガスを供給するガス供給手段109が取り付けられている。

【0005】このような装置でa-Si膜を成膜するには、真空排気手段108によって反応容器101内が高真空まで排気された後、ガス供給手段109によってシランガス、ジシランガス、メタンガス、エタンガスなどの原料ガスが、あるいはジボランガスなどのドーピングガスが導入されて、反応容器101内が数10ミリトルから数トルの圧力に維持される。高周波電源106よりカソード電極102に13.56MHzの高周波電力が供給され、カソード電極102と被成膜基体103との間にプラズマが発生されて原料ガスが分解されると、加熱ヒータ105で200℃～350℃程度に加熱された被成膜基体103上にa-Si膜が堆積される。

【0006】以上の成膜方法で電子写真用感光体の性能を満足するa-Si膜を得るための堆積速度は最大でも6(μm/時間)程度であり、それ以上堆積速度を上げると感光体としての特性を得る事が出来なくなる。一般に電子写真用感光体としてa-Si膜を利用する場合、帯電性能を得るために少なくとも20～30μmの厚膜

が必要であり、電子写真用感光体を製造する為には長時間を要していた。

【0007】ところで、近年、平行平板型のプラズマCVD装置を用い13.56MHz以上の高周波電源を用いたプラズマCVD法の報告(Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol 17, No. 3, (1987) p267-273)がなされ、放電周波数を従来の13.56MHzより高くする事で、堆積膜の性能を落とさずに堆積速度を向上させることができる可能性が示され、注目されている。また、この放電周波数を高くする試みはスパッタリング等でも近年広く検討されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは、上述したような従来のプラズマCVD法及び装置を用い、良質膜の堆積速度向上を目的として放電周波数を従来の13.56MHzの代わりに、より高い周波数の高周波電力を用いて検討を行った。

【0009】その結果、周波数を上げたことで確かに目的通り良質膜を従来より高い堆積速度で作製することができたが、13.56MHzの放電周波数では問題にならなかった以下の様な問題が新たに発生した。即ち、放電周波数を上げることでプラズマが遍在化して堆積速度に不均一が生じ、その結果、電子写真用感光体のような比較的大面積の被処理基体においては、結果的に実用上問題となる様な膜厚ムラ(例えば電子写真用感光体の場合±20%以上の膜厚ムラ)が発生した。

【0010】この様な膜厚ムラは、電子写真用感光体のみならず、画像入力用ラインセンサー、撮像デバイス、光起力デバイス等に用いられる結晶質または非単結晶質の機能性堆積膜を形成する場合にも大きな問題となる。またドライエッチング、スパッタリング等の他のプラズマプロセスにおいても、放電周波数を上げた場合に同様の処理ムラが生じ、このままでは実用上大きな問題になってくる。

【0011】本発明の目的は、上述のような従来の問題点を克服し、従来のプラズマプロセスでは達成できなかった処理速度で比較的大面積の基体を均一にプラズマ処理することが可能な装置及び方法を提供することにある。

【0012】本発明の更なる目的は、複数の円筒状基体および平面基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関しても、膜厚が極めて均一な堆積膜を高速で形成し、効率よく半導体デバイスを形成し得るプラズマCVDによる堆積膜形成方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、減圧可能な反応容器内に、カソード電極に対向する対向電極を設け、前記カソード電極に高周波電

力を整合回路を介して印加して前記カソード電極と対向電極間にプラズマを発生させ、前記対向電極上に配置した被処理基体にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置において、前記カソード電極は前記反応容器の外側に複数配置され、前記カソード電極と対向電極間にある前記反応容器の一部は誘電体部材からなることを特徴とする。

【0014】そして上記のプラズマ処理装置において、前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路上にコンデンサーが配されていること、又は/及び前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路を除いて、前記カソード電極が外側に配置された反応容器を覆うアースシールドを有することが好ましい。このような装置は、前記高周波電力が30～600MHz以下である場合に特に好適である。

【0015】そして、前記反応容器が円筒状であり、且つ、該円筒状の反応容器の外側に複数のカソード電極が等間隔で設置されているものや、前記反応容器が円筒状であり、且つ、前記被処理基体と前記反応容器とが同心円上に配置されたものや、前記被処理基体が同心円上に複数個配置されたものや、前記被処理基体が平板状であり、前記被処理基体と前記複数のカソード電極とが対向しているものに好適である。

【0016】さらには、上記のプラズマ処理装置を用いて被処理基体にプラズマ処理を行なうプラズマ処理方法も本発明に属する。

【0017】(作用)本発明者らは、従来の装置及び方法における前述の問題点を鋭意検討した結果、従来より高い放電周波数においては、従来よりもカソード電極の形状に対してプラズマの分布が敏感であり、また放電装置の寸法が高周波の波長の1/10以下となるため定在波の影響も出始め、その結果として処理ムラが発生することが判った。

【0018】この問題を解決し、プラズマの均一化及びそれに基づくプラズマ処理の均一化を達成するために行った実験及び得られた知見を以下に述べる。

【0019】図13に示した装置を用い、高周波電源7より出力された高周波電力を整合回路107を通して円筒型カソード電極102上に印加、伝搬させ、カソード電極102と対向する被処理基体103との間の高周波電界によりプラズマを生起させることにより、被処理基体103上にプラズマ処理を行った。この際、被処理基体である電子写真用感光体は通常直径100mm前後のものであり、このカソードの直径dは200～300mm程度となる。カソード電極外周の1点から高周波を導入する場合カソード電極の外周の反対側までの外周面を伝わる距離は、1.57dであり、例えばd=250mmとすると約390mm程度になる。例えば高周波の周波数を従来の13.56MHzから100MHzにするとその波長λは大気中で約2.2mから3mとなる。つまり、100MHzにおいては、カソード電極外周上の

1点から導入された高周波は、カソード電極外周表面を伝播して反対側まで達するが、その外周面を伝播する距離が $\lambda/10$ 以上となると、定在波の影響によりカソード電極外周上で電界分布が生じてくるようになる。この高周波電場の影響が、更にカソード電極表面に伝わり、カソード電極内周の電界ムラを起し、周方向に放電のムラが生じた。

【0020】また同様に、被処理基体である写真感光体の長さは通常350mm程度であり、この為カソード電極長も350~400mm程度となる。この為上述した周方向と同様に軸方向にも放電のむらが生じた。

【0021】以上のように、13.56MHz及びその近傍の放電周波数では問題にならないが、放電周波数をより高くすることで放電ムラが顕著になることが判った。

【0022】これらの問題がどの周波数より影響を受け顕著となるかを計測するため、図13のプラズマCVD装置を用い13.5MHz~600MHzで放電を行い、各々のプラズマ密度ムラを測定した。ここでプラズマ密度ムラとはプラズマ密度の最大値と最小値の差をプラズマ密度の平均値にて割った値と定義する。この結果、プラズマ密度ムラは30MHz近傍で±10%以上となり、放電周波数によるカソード電極上の高周波電圧のムラが顕著になることが示された。

【0023】また600MHzを越えると高周波の整合回路の設計が困難になり、また伝送損失も大きくなり実用的ではないことが判った。

【0024】また被処理基体に入射するイオンのエネルギーの幅を計測したところ、13.56MHzで約30eV、30MHzで約15eV、100MHz以上で約10eVとなった。被処理基体への入射イオンエネルギーを利用するプロセスにおいては、このエネルギー幅を小さくすることは制御性の向上を達成することができるという観点から重要であり、30MHz以上の周波数を用いるのが好ましい。従って、この周波数範囲においてプラズマ密度のムラをなくすことはプロセス上極めて重要である。

【0025】そこで30MHz~600MHzでのこれらカソード電極上の高周波電圧ムラによる不均一化を解決する手段として本発明者等は以下の知見を得た。

【0026】カソード電極上の高周波電圧ムラの原因となる高周波の定在波をプラズマの強度ムラに反映させないためには、

- a) カソード電極表面に定在波が生じないようにする
- b) カソード電極表面の定在波とプラズマとの間に緩衝機能を設けることが必要である。

【0027】図13の装置において、プラズマに高周波電力を供給するためには、高周波電源から供給された高周波電力を整合回路によりプラズマのインピーダンスに整合するようにインピーダンス調整し、カソード電極の

裏面に導入する。更に高周波はカソード電極の裏面からカソード電極の表皮に伝わってカソード電極表面に伝わりプラズマに高周波電力が供給されることになる。ここで、カソード電極表面で高周波電力のムラが生じないようにするためには、カソード電極裏面もしくは表面に伝播する高周波分布を調整することが有効である。

【0028】30~600MHzという従来よりも高い周波数において、上記の様にカソード電極上の高周波分布を調整する為には、カソード電極の複素インピーダンスを形状、材質等で調整することが必要である。この為には、カソード電極で反応容器を構成したり、カソード電極を反応容器内に入れたりせずに、カソード電極を反応容器の外部に配置することが最善である。そして、反応容器外のカソード電極から反応容器内のプラズマに高周波電力を供給するためには、カソード電極とプラズマとの間の部分は誘電体で構成する必要がある。誘電体は高周波の損失が少ないものなら何でもよく、例えばアルミナセラミクス、石英ガラス、パイレックスガラス、テフロン等が使用できる。これらの誘電体は減圧可能な反応容器の一部として使用する場合、反応容器内を減圧にする為に大気圧に耐えられだけの厚みが必要となり、形状、寸法により異なるが、一般的には少なくとも5mm以上、好ましくは10mm以上の厚みが必要となってくる。従来の13.56MHzの放電周波数を用いた場合、上記の厚みの誘電体をカソード電極とプラズマの間に配置すると、誘電体の静電容量Cによる複素インピーダンスのリアクタンス成分 $1/j\omega C$ がプラズマのインピーダンスと同程度の10~50Ωになり、効率的に高周波をプラズマに供給することが難しかった。しかし、放電周波数を30~600MHzに上げた場合、誘電体による複素インピーダンスが周波数に反比例して小さくなる為、上記厚みの誘電体のカソード電極とプラズマの間にあっても高周波を効率よくプラズマに供給することは可能となってくる。このように30MHz以上の放電周波数で問題となっている大面積均一放電を得る為には、30MHz以上の放電周波数で効率よく高周波を供給できる、カソード電極を反応容器外に配置した構成とすることが有効である。これにより、カソード電極の形状、材料を大きく変えることができ、カソード電極上の任意の点での複素インピーダンスを変えることが可能となり、前述の問題が解決可能となった。カソード電極の最適形状及び最適構成材料は被処理基体の形状、プラズマ処理条件、放電周波数により異なるが、カソード電極が反応容器の外部にあることで、カソード電極のみを交換するだけで良く、反応容器内を一旦大気に開放することも無いため、種々の処理条件の変更に対しても容易に対応できる。同様の理由で、最適なカソード電極をトライ・アンド・エラー（試行錯誤）で決定することも従来と比べて飛躍的に容易になった。

【0029】また、以上の方法において多少カソード電

極以上に電位分布が残っても、カソード電極とプラズマの間に誘電体を配置したことで、この誘電体の緩衝作用によりプラズマの分布はカソード電極上の電位分布よりも均一性が良くなる効果もある。

【0030】以上の手段はカソード電極が反応容器外部にある為に容易に実行できるものであるが、このようにカソード電極が反応容器外部に配置できる場合には、平行平板型のプラズマ処理装置においても容易に適用できる。

【0031】以上のように本発明は、カソード電極を反応容器の外部に配置し、カソード電極とプラズマの間に緩衝機能としての誘電体を配置することで、従来よりも高い30～600MHzの周波数にてカソード電極上の高周波電圧ムラの原因となる高周波の定在波をプラズマの強度ムラに反映させない様にするのであるが、さらに定在波の影響をなくすためには、複数のカソード電極に高周波電力を分割することが有効である。これは、ひとつのカソード当たりの表面積を小さくして定在波を起りにくくした上で大面積のプラズマを形成する為に最適である。しかし、同一電源より整合回路を介して、複数本のカソード電極に高周波電力を供給するような装置では、整合回路と各カソード電極間の距離が長くなり、その間の伝送経路のL成分が各電極間で異なる。このため特に、周波数が高い場合、整合が取れない。そこで、整合回路と各カソード電極との間にそれぞれコンデンサーを介し、それぞれのコンデンサーの容量を変えることにより、L成分がキャンセルされ複数本のカソード電極においても整合が取れるようになる。

【0032】また、高周波電源より整合回路を介してカソード電極に高周波電力を伝える途中で、その高周波電力が大気を伝わり一部誘電体を介して反応容器内に伝わることもある為、プラズマの密度が不均一になり結果として堆積膜に膜厚ムラを起こすような問題が生じる。そこで、整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器を覆うアースシールドを設けることで、高周波電力が大気中を伝わって反応容器内に入ることを防ぎ、結果として膜厚の均一性が良くなる効果を得た。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0034】【第1の実施の形態】図1は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第1の実施形態の横断面構成を表した模式図、図2は本発明の第1の実施形態の縦断面構成を表した模式図である。

【0035】本形態のプラズマ処理装置は図1及び図2に示すように、減圧可能な反応容器15の側部を形成する円筒状の誘電体部材10と、その反応容器15の上部及び底部を形成すると共に反応容器15の側部を包囲する高周波漏れ防止用のアースシールド1とを備える。誘

電体材料10の外周面（大気側の面）にはカソード電極2が、アースシールド1とは絶縁材料13により電気的に絶縁されて配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。誘電体材料10が側部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての円筒状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3およびこれを保持する基体ホルダー4はアースに電位されていて、被成膜基体3をカソード電極2の対向電極としている。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段8、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段9が取り付けられている。

【0036】カソード電極2にはコンデンサー11を介して、アースシールド1の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、整合回路7と各カソード電極2との間にそれぞれ接続された各コンデンサー11の容量は、整合回路7から各々のカソード電極2までの各伝送経路のL成分をキャンセルする値に変えてある。

【0037】このような装置で例えば円筒状の電子写真用感光体の為にa-Si膜を成膜するには、真空排気手段8によって反応容器15内が高真空まで排気された後、ガス供給手段9によってシランガス、ジシランガス、メタンガス、エタンガスなどの原料ガスが、あるいはジボランガスなどのドーピングガスが導入されて、反応容器15内が数10ミリトルから数トルの圧力に維持される。高周波電源6より整合回路7とコンデンサー11を介してカソード電極2に30～600MHz以下の高周波電力が供給され、誘電体部材10の外側に配置されたカソード電極2と、誘電体部材10の内側の被成膜基体3との間にプラズマが発生され、原料ガスが分解されると、加熱ヒータ5で200℃～350℃程度に加熱された被成膜基体3上にa-Si膜が均一に堆積される。

【0038】上記の形態のように、同一電源より整合回路を介し、複数本のカソード電極に高周波電力が供給される経路の各々においても整合が取れることにより、被処理基体が円筒状であり、且つ、被処理基体と反応容器とが同心円上に配置された場合において複数本の被処理基体に極めて均一な体積膜を高遠に形成することができる。

【0039】図3は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第1の実施形態の変形例の縦断面構成を表した模式図である。この図に示すような平行平板型のプラズマ処理装置は、上部が誘電体部材10で形成された減圧可能な反応容器15を備える。また、反応容器15はアースシールド1によって包囲されている。誘電体材料10の外

側面（大気側の面）にはカソード電極2が複数配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。誘電体材料10が上部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての平板状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3およびこれを保持する基体ホルダー4はアースに電位されてる。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段（不図示）、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段（不図示）が取り付けられている。

【0040】カソード電極2にはコンデンサー11を介して、アースシールド1の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、整合回路7と各カソード電極2との間にそれぞれ接続された各コンデンサー11の容量は、整合回路7から各々のカソード電極2までの各経路のL成分をキャンセルする値に変えてある。

【0041】このような平行平板型のプラズマ処理装置においても、上記のような円筒同軸型のプラズマ処理装置及び方法と同様の効果がある。

【0042】〔第2の実施形態〕図4は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第2の実施形態の横断面構成を表した模式図、図5は本発明の第2の実施形態の縦断面構成を表した模式図である。これらの図では、第1の実施形態と同一の構成要素には図1及び図2と同一符号を付してある。

【0043】本形態のプラズマ処理装置は図4及び図5に示すように、減圧可能な反応容器15の側部を形成する円筒状の誘電体部材10と、その反応容器15の上部及び底部を形成すると共に反応容器15の側部を包囲する高周波漏れ防止用の第1のアースシールド1とを備える。誘電体材料10の外周面（大気側の面）にはカソード電極2が、第1のアースシールド1とは絶縁材料13により電気的に絶縁されて配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。誘電体材料10が側部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての円筒状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3を保持する基体ホルダー4はアースに電位されていて、被成膜基体3をカソード電極2の対向電極としている。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段8、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段9が取り付けられている。

【0044】カソード電極2には、第1のアースシールド14の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、整合回路7から各々のカソード電極2までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極2が配置された反応容器15を覆う第2のアースシールド14が設けられている。尚、第2のアースシールド14には、第2のアースシールド14の外から各カソード電極2に高周波伝送経路を接続するための複数の開口部（不図示）が設けられている。

【0045】上記の形態のように、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器をアースシールドにより、整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路をシールド外にして覆っていることにより、高周波電力が大気中を伝わって反応容器内に入ることが防げるので、被処理基体が円筒状であり、且つ、被処理基体と反応容器とが同心円上に配置された場合において複数本の被処理基体に極めて均一な体積膜を高速に形成することができる。

【0046】尚、図4に示したようにカソード電極は2つに限られず、高周波の定在波をより起こしにくくしてプラズマの分布をより均一化する上で図6に示すように複数配置することが好ましい。

【0047】また、上記のような円筒同軸型のプラズマ処理装置及び方法に限られず、平行平板型のプラズマ処理装置及び方法にも好適である。

【0048】図7は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第2の実施形態の変形例の縦断面構成を表した模式図である。この図でも、第1の実施形態と同一の構成要素には図1及び図2と同一符号を付してある。この図に示すような平行平板型のプラズマ処理装置は、上部が誘電体部材10で形成された減圧可能な反応容器15を備える。また、反応容器15はアースシールド1によって包囲されている。誘電体材料10の外側面（大気側の面）にはカソード電極2が複数配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。

誘電体材料10が上部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての平板状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3およびこれを保持する基体ホルダー4はアースに電位されていて、被成膜基体3をカソード電極2の対向電極としている。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段（不図示）、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段（不図示）が取り付けられている。

【0049】カソード電極2には、第1のアースシールド14の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、整合回路7から各々のカソード電極2までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極2が配置された反応容器15を覆う第2のアースシールド14が設けられている。尚、第2のアースシールド14には、第2のアースシールド14の外から各カソード電極2に高周波伝送経路を接続するための複数の開口部（不図示）が設けられている。

7から各々のカソード電極2までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極2が配置された反応容器15を覆う第2のアースシールド14が設けられている。尚、第2のアースシールド14には、第2のアースシールド14の外から各カソード電極2に高周波伝送経路を接続するための複数の開口部（不図示）が設けられている。

【0050】このような平行平板型のプラズマ処理装置においても、上記のような円筒同軸型のプラズマ処理装置及び方法と同様の効果がある。

【0051】[第3の実施形態] 図8は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第3の実施形態の横断面構成を表した模式図、図9は本発明の第3の実施形態の縦断面構成を表した模式図である。これらの図でも、第1及び第2の実施形態と同一の構成要素には図1乃至図7と同一符号を付してある。

【0052】本形態のプラズマ処理装置は図8及び図9に示すように、減圧可能な反応容器15の側部を形成する円筒状の誘電体部材10と、その反応容器15の上部及び底部を形成すると共に反応容器15の側部を包囲する高周波漏れ防止用の第1のアースシールド1とを備える。誘電体材料10の外周面（大気側の面）にはカソード電極2が、第1のアースシールド1とは絶縁材料13により電気的に絶縁されて配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。誘電体材料10が側部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての円筒状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3を保持する基体ホルダー4はアースに電位されていて、カソード電極2の対向電極としている。カソード電極2にはコンデンサー11を介して、第1のアースシールド14の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段8、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段9が取り付けられている。

【0053】また、整合回路7と各カソード電極2との間にそれぞれ接続された各コンデンサー11の容量は、整合回路7から各々のカソード電極2までの各伝送経路のL成分をキャンセルする値に変えてある。さらに、整合回路7から各々のカソード電極2までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極2が配置された反応容器15を覆う第2のアースシールド14が設けられている。尚、第2のアースシールド14には、第2のアースシールド14の外から各カソード電極2に高周波伝送経路を接続するための複数の開口部（不図示）が設けられている。

【0054】上記の形態のように、同一電源より整合回路を介し、複数本のカソード電極に高周波電力が供給される経路の各々においても整合が取れ、その上、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器をアースシールドにより、整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路を除くように覆っていることで高周波電力が大気中を伝わって反応容器内に入ることが防げるので、被処理基体が円筒状であり、且つ、被処理基体と反応容器とが同心円上に配置された場合において複数本の被処理基体に極めて均一な体積膜を高速に形成することができる。

【0055】尚、図8に示したようにカソード電極は2つに限られず、高周波の定在波をより起こしにくくしてプラズマの分布を均一化する上で図10に示すように複数配置することが好ましい。また、図11に示すように複数の被成膜基体3を同心円上に配置されていても膜ムラはほとんど無い。

【0056】図12は本発明のプラズマ処理装置及び方法の第3の実施形態の変形例の縦断面構成を表した模式図である。この図でも、第1及び第2の実施形態と同一の構成要素には図1乃至図7と同一符号を付してある。この図に示すような平行平板型のプラズマ処理装置は、上部が誘電体部材10で形成された減圧可能な反応容器15を備える。また、反応容器15はアースシールド1によって包囲されている。誘電体材料10の外側面（大気側の面）にはカソード電極2が複数配置されている。つまり、カソード電極2は反応容器15の外側に配置されている。誘電体材料10が上部を成す反応容器15の内部には、カソード電極2の対向電極としての平板状の被成膜基体3が配置されている。被成膜基体3は内部の加熱ヒータ5により、その内側より所定の温度に加熱され、かつ、モータ12により駆動される回転機構を有する基体ホルダー4に保持される。尚、被成膜基体3を保持する基体ホルダー4はアースに電位されていて、カソード電極2の対向電極としている。また、一部が誘電体部材10で形成された反応容器15内を真空排気する真空排気手段（不図示）、反応容器15内にガスを供給するガス供給手段（不図示）が取り付けられている。

【0057】カソード電極2にはコンデンサー11を介して、第1のアースシールド14の外側の整合回路7が接続され、さらに整合回路7には高周波電源6が接続されている。また、整合回路7と各カソード電極2との間にそれぞれ接続された各コンデンサー11の容量は、整合回路7から各々のカソード電極2までの各伝送経路のL成分をキャンセルする値に変えてある。

【0058】さらに、整合回路7から各々のカソード電極2までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極2が配置された反応容器15を覆う第2のアースシールド14が設けられている。尚、第2のアースシールド14には、第2のアースシールド14の外から

各カソード電極2に高周波伝送経路を接続するための複数の開口部（不図示）が設けられている。

【0059】このような平行平板型のプラズマ処理装置においても、上記のような円筒同軸型のプラズマ処理装置及び方法と同様の効果がある。

【0060】

【実施例】以下、具体的な実施例と比較例を挙げて上記の形態を更に詳しく説明するが、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

【0061】（実施例1）本実施例では図1、2に示した円筒同軸型プラズマCVD装置を用いて、放電周波数100MHzとして、表1の成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。

【0062】

【表1】

原料ガス	SiH ₄
キャリアーガス	H ₂
ガス流量	SiH ₄ 350 sccm
	H ₂ 350 sccm
圧力	0.03 torr
基体温度	250℃
高周波電力	0.5W/cm ²

【0063】カソード電極は、内径250mm、長さ3

コンデンサーの容量	入射波	反射波	整合回路～カソード電極までの合成L	放電状況
1pF	500W	300W	129Ω	放電が起きないこともある
5pF	500W	80W	36.4Ω	ほぼ安定
7pF	500W	5W	14.1Ω	安定
10pF	500W	200W	115.2Ω	若干安定

【0069】これらにより、整合回路と各カソード電極との間にそれぞれコンデンサーを介し、それぞれのコンデンサーの容量を変えることにより、L成分がキャンセルされ、整合が取れないという問題を解決できる。

【0070】（実施例3）本実施例では、図3に示した平行平板型プラズマCVD装置を用いて、放電周波数1

00MHzのAl製の単純円形のものを用い、反応容器の一部を構成する厚さ10mmのアルミナセラミクス製の誘電体管の外部に配置した。

【0064】外部配置のカソード電極を用いて成膜した時の膜厚ムラを測定した。また比較の為、反応容器内に配置した長さ300mmのAl製単純円筒型カソード電極を用いた場合での膜厚ムラの比較実験を行った。その結果、膜厚ムラは、外部配置のカソード電極の場合で約±15%、単純円筒型カソードの場合で約±30%となり、外部配置のカソード電極を用いた場合の膜厚分布改善効果が確認できた。

【0065】それぞれの膜は分布のみの影響が大きく同膜厚状態で部分的にa-Si膜の膜質を測定したところ、膜質は電子写真用感光体デバイスや画像入力用ラインセンサー等の実用に十分耐え得るものであった。

【0066】以上のように、カソード電極を反応容器外部に配置し、減圧可能な反応容器の一部となる誘電体部材を介してプラズマに高周波電力を供給することにより、カソード電極上の高周波の電位分布を緩和することができ、放電周波数が高くなることによる厚膜ムラの問題を解決できる。

【0067】（実施例2）本実施例では、図1、2に示したプラズマ処理装置において、周波数105MHzの高周波電源6を用い、実施例1の表1の条件により放電実験を行った。本実験例では、整合回路と負荷の間のリアクタンスLを404.5nHとし、高圧コンデンサーを図1のように設置した。その結果を表2に示す。

【0068】

【表2】

00MHzとして、表3の成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成し、膜厚ムラを測定した。

【0071】

【表3】

原料ガス	SiH ₄
キャリアーガス	H ₂
ガス流量	SiH ₄ 450 sccm
	H ₂ 450 sccm
圧力	0.03 torr
基体温度	250℃
高周波電力	0.5W/cm ²

【0072】本実施例では、被処理基体の形状が角型のものを用いた。各カソード電極と整合回路との間にそれぞれコンデンサーを介し、カソード電極は、反応容器の一部を構成する20mm厚のアルミナセラミクス製の誘電体角型部材の外部に配置した。また、比較として、反応容器内部にカソード電極を配置して表3の条件で成膜した場合の膜厚ムラも測定した。その結果、膜厚ムラは、反応容器外部にカソード電極を配置し、かつコンデンサーを介した場合で約±18%、反応容器内部にカソード電極を配置した場合で約±35%であった。

【0073】それぞれの膜についてはプラズマの分布のみの影響が大きく、同じ膜厚状態で部分的にa-Si膜の膜質を測定したところ、膜質は電子写真用感光体デバイスや画像入力用ラインセンサー等の実用に十分耐え得るものであった。

【0074】(実施例4) 本実施例では、図4及び図5に示したように整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器を覆う第2のアースシールドを設けた円筒同軸型プラズマCVD装置を用いて、放電周波数10MHzとして、表1に示した成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。また比較のため、前記第2のアースシールドを設けていない装置でも表1の成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。

【0075】前記第2のアースシールドを有した成膜装置の場合での成膜した時の膜厚ムラを測定した。結果、膜厚ムラは、約±11%、前記第2のアースシールドを用いない場合で約±15%であり、前記第2のアースシールドを用いた場合の膜厚分布改善効果が確認できた。

【0076】それぞれの膜についてはプラズマの分布のみの影響が大きく、同じ膜厚状態で部分的にa-Si膜の膜質を測定したところ、膜質は電子写真用感光体デバイスや画像入力用ラインセンサー等の実用に十分耐え得るものであった。

【0077】以上のように、整合回路から各々のカソー

ド電極までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器を覆う第2のアースシールドを設けたことにより高周波での複素インピーダンスを大きく出来、高周波の線路をアースシールドのない部分に限定して制御できるように装置を構成することにより放電周波数が高くなることによる膜厚ムラの問題を解決できる。

【0078】(実施例5) 本実施例では、図6に示した、カソード電極が同心円上に複数配置されたプラズマCVD装置を用いて、放電周波数100MHzとして、表1の成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。

【0079】結果、カソード電極を同心円上に複数配置することにより、本発明の第2のアースシールドを有しカソード電極が同心円上に配置された装置では4nm/sという高速な成膜速度の結果が得られた。

【0080】(実施例6) 本実施例では、図7に示したように、整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器を覆う第2のアースシールドを設けた平行平板型プラズマCVD装置を用いて、放電周波数100MHzとして、表3の成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。

【0081】そして、前記第2のアースシールドを設けた装置を用い、膜厚ムラを測定した。その結果、膜厚ムラは約±13%となり、単純平板の膜厚ムラ約±18と比較して、良好な膜厚均一性を示した。

【0082】それぞれの膜についてはプラズマの分布のみの影響が大きく、同じ膜厚状態で部分的にa-Si膜の膜質を測定したところ、膜質は電子写真用感光体デバイスや画像入力用ラインセンサー等の実用に十分耐え得るものであった。

【0083】(実施例7) 本実施例では、図8及び図9に示した円筒同軸型プラズマCVD装置を用いて、放電周波数10MHzとして、表1に示した成膜条件でa-Si膜を被成膜基体上に形成した。

【0084】カソード電極は、内径250mm、長さ300mmのA1製の単純円筒形のものを用い、反応容器の一部を構成する厚さ10mmのアルミナセラミクス製の誘電体管の外部に配置した。また、整合回路から各々のカソード電極までの各高周波伝送経路を除いて、外部に複数のカソード電極が配置された反応容器を覆う第2のアースシールドを設けた。成膜条件が異なる場合はそれに応じてカソード長の変更を加える必要がある場合があり、カソード長は本実施例に限るものではない。

【0085】そして、外部配置のカソード電極を用いて成膜した時の膜厚ムラを測定した。また比較の為、反応容器内に配置した長さ300mmのA1製単純円筒型カソード電極を用いた場合および、図1に示したように外部配置のカソード電極で、且つ整合回路と各カソード電

【0101】

【発明の効果】以上説明した本発明は、減圧可能な反応容器内に、カソード電極に対向する対向電極を設け、前記カソード電極に30MHz以上、600MHz以下の高周波電力を整合回路を介して印加して前記カソード電極と対向電極間にプラズマを発生させ、前記対向電極上に配置した被処理基体にプラズマ処理を行う装置において、前記カソード電極を前記反応容器の外側に複数配置し、前記カソード電極と対向電極間にある前記反応容器の一部を誘電体部材で形成したことにより、大面積で均質な高周波放電が容易に達成され、大面積基体へのプラズマ処理を均一且つ高速に行うことが可能になる。特に、誘電体材料を介してカソード電極からプラズマへ高周波を供給することで、その誘電体材料がカソード電極上の高周波電圧のムラを緩衝させて、プラズマの分布を均一にするので、被処理基体に対し均一なプラズマ処理を行なえる。また、カソード電極を反応容器の外側に配置したことで、カソード電極の設計自由度が大きくなり、カソード電極の最適形状及び最適構成材料を決定しやすくなる。さらに、複数のカソード電極に高周波電力を分割して供給するため、一つのカソード当りの表面積を小さくして高周波の定在波を起こりにくくすることで、大面積のプラズマを形成するのに最適である。

【0102】また、同一電源より整合回路を介して、複数のカソード電極に高周波電力を供給する装置では、整合回路と各カソード電極との間の各々の伝送経路の長さが異なると各伝送経路でのリアクタンスしも異なる為、特に高い周波数では整合が取れないおそれがあるが、前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路上にコンデンサーを配することにより、L成分がキャンセルできるので、その心配もない。

【0103】また、前記整合回路と前記各カソード電極との間の各々の高周波伝送経路を除いて、前記カソード電極が外側に配置された反応容器を覆うアースシールドを有することにより、高周波電力が整合回路を通りカソード電極に伝わる高周波伝送経路の途中で大気中を伝わり、反応容器内に入ることを断つので、プラズマの密度が不均一になることを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態である、整合回路とカソード電極間にコンデンサーを介したプラズマ処理装置の横断面の配置構成を示す模式図である。

【図2】本発明の第1の実施形態である、整合回路とカソード電極間にコンデンサーを介したプラズマ処理装置の縦断面の配置構成を示す模式図である。

【図3】本発明の第1の実施形態であるプラズマ処理装置の変形例の縦断面を示す模式図である。

【図4】本発明の第2の実施形態である、整合回路からカソード電極までの高周波電力供給線を除くように反応容器を覆うアースシールドを有するプラズマ処理装置の

横断面の配置構成を示す模式図である。

【図5】本発明の第2の実施形態である、整合回路からカソード電極までの高周波電力供給線を除くように反応容器を覆うプラズマ処理装置の縦断面の配置構成を示す模式図である。

【図6】図4に示したカソード電極が同心円上に多数配置された状態を示す模式図である。

【図7】本発明の第2の実施形態であるプラズマ処理装置の変形例の縦断面を示す模式図である。

【図8】本発明の第3の実施形態である、整合回路とカソード電極間にコンデンサーを介し、整合回路からカソード電極までの高周波電力供給線を除くように反応容器を覆うアースシールドを有するプラズマ処理装置の横断面の配置構成を示す模式図である。

【図9】本発明の第3の実施形態である、整合回路とカソード電極間にコンデンサーを介し、整合回路からカソード電極までの高周波電力供給線を除くように反応容器を覆うアースシールドを有するプラズマ処理装置の縦断面の配置構成を示す模式図である。

【図10】図7に示したカソード電極が同心円上に多数配置された状態を示す模式図である。

【図11】図10に示した被成膜基体の配置を同心円上にした状態を示す模式図である。

【図12】本発明の第3の実施形態であるプラズマ処理装置の変形例の縦断面を示す模式図である。

【図13】従来のプラズマ処理装置の一例の縦断面を示す模式図である。

【符号の説明】

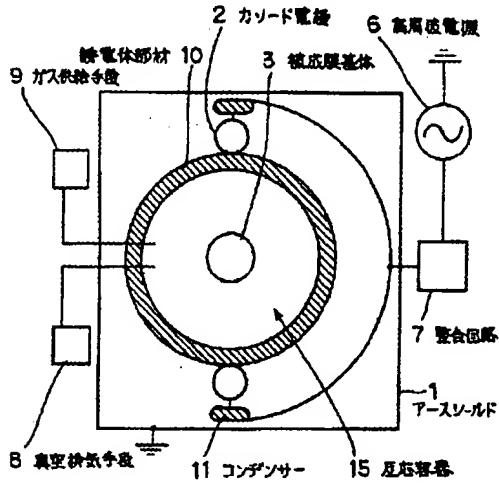
- 1 アースシールド（第1のアースシールド）
- 2 カソード電極
- 3 被成膜基体
- 4 基体ホルダー
- 5 加熱ヒータ
- 6 高周波電源
- 7 整合回路
- 8 真空排気手段
- 9 ガス供給手段
- 10 誘電体部材
- 11 コンデンサー
- 13 絶縁材料
- 14 第2のアースシールド
- 15 反応容器

インターネット上に「しゃしんやMASUXMASU」のホームページを開いて、インターネットを通じて伝送されてくる映像情報（この情報はデジタルカメラを通じて撮ったもの）をプリントサービスして客に送る。利点：客が来店する必要がない。アダルトもの等のアンダーグラウンドでの利益が期待できる。すなわち、来店の必要が無い為、客が顔を見せる必要がない。取引の先は、インターネット上で注文を受け、所定の口座に振込

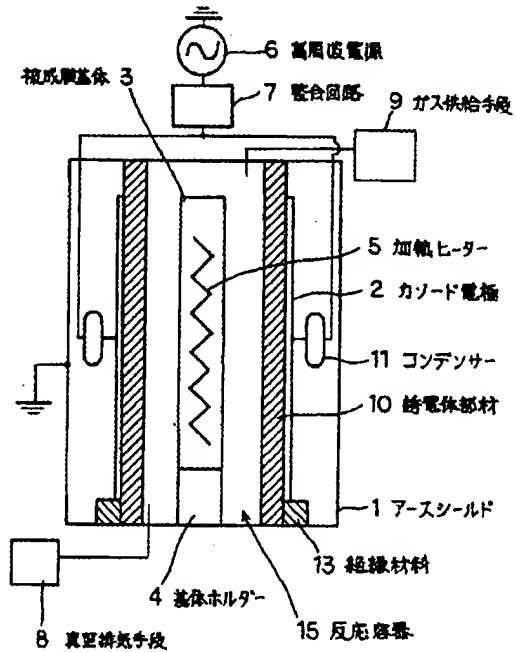
が確認してから発送する。ここで、重要になる発明；インターネットを通じて送られた映像情報（デジタル情

報）をどのようにして銀塩写真に複製するか？つまり、デジタル映像を銀塩写真に複製する技術が必要。

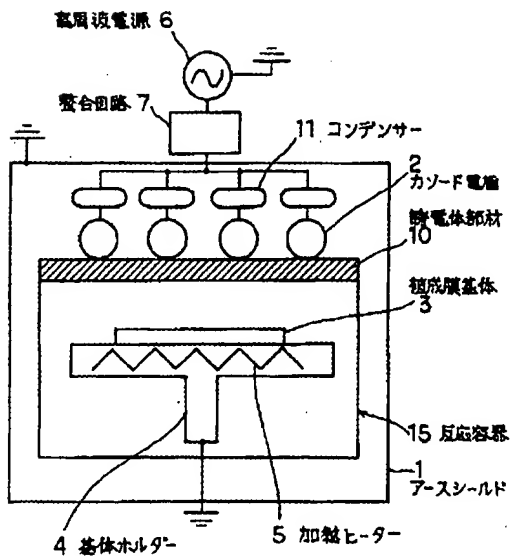
【図1】



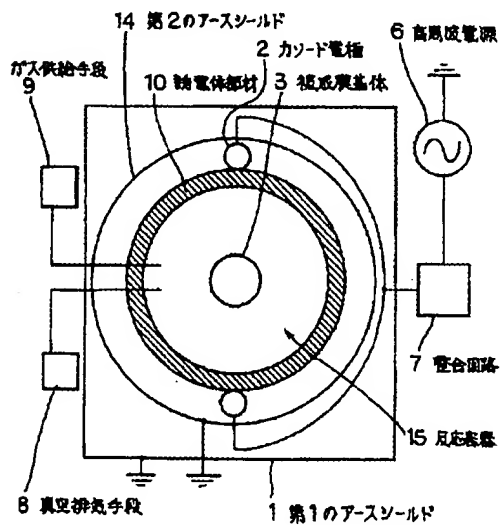
【図2】



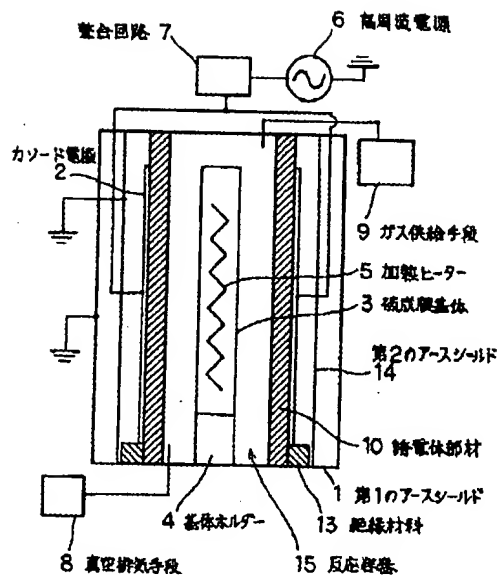
【図3】



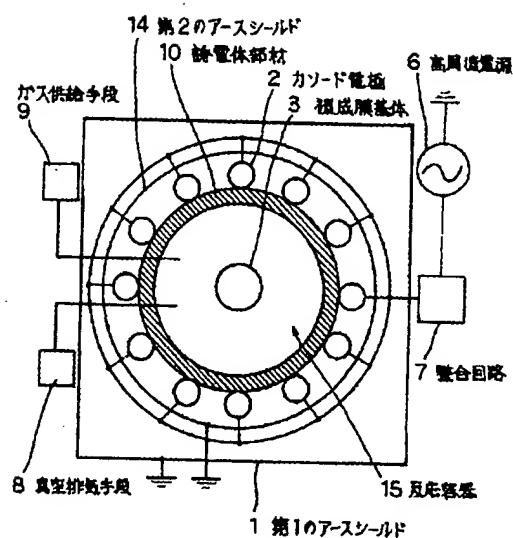
【図4】



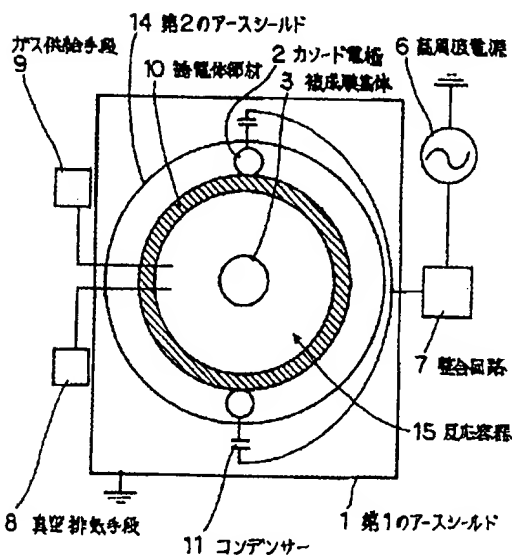
【図5】



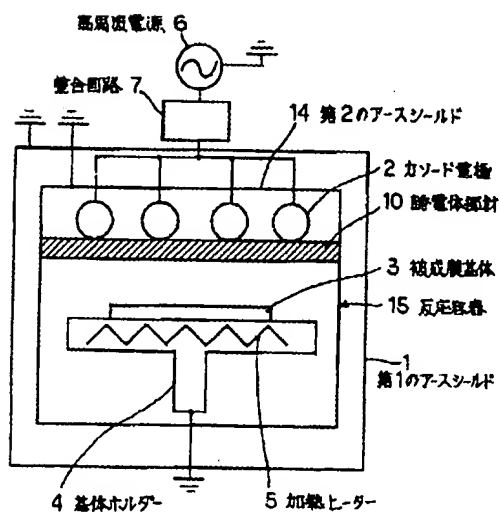
【図6】



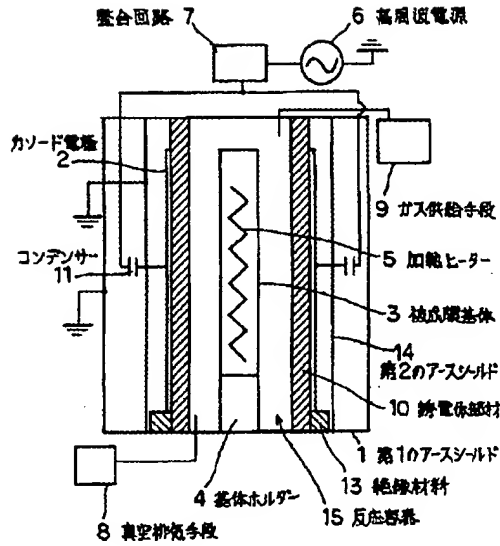
【図8】



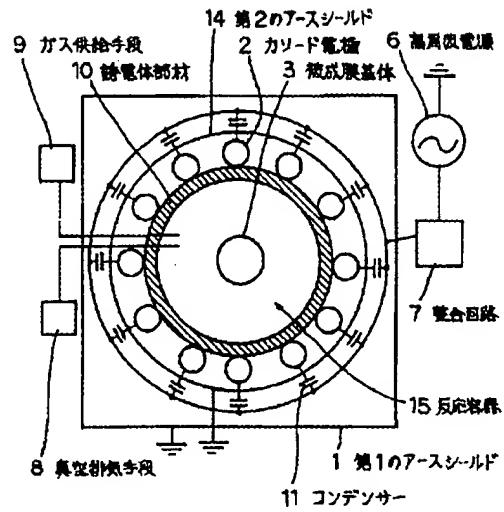
【図7】



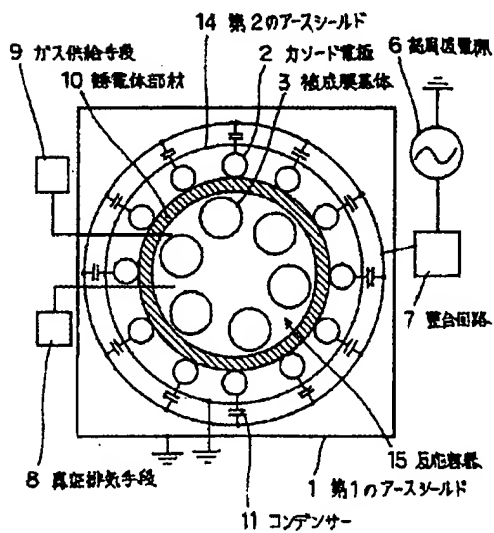
【図9】



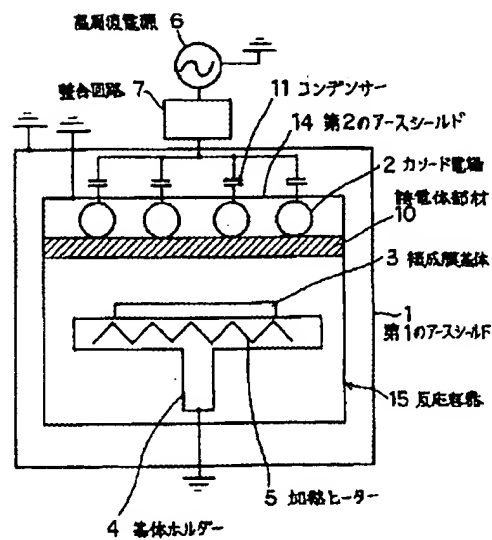
【図10】



【図11】



【図12】



[illegible]

B

BEST AVAILABLE COPY

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011584672 **Image available**
WPI Acc No: 1998-001801/199801
XRAM Acc No: C98-000722
XRPX Acc No: N98-001360

**Plasma processing apparatus - comprises high frequency cathode mounted
outside of dielectric vacuum reaction vessel**

Patent Assignee: CANON KK (CANO)
Inventor: TAKAKI S; TERANISHI K; YAMAGAMI A
Number of Countries: 008 Number of Patents: 004
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 808918	A2	19971126	EP 97303434	A	19970520	199801 B
JP 9310181	A	19971202	JP 96125770	A	19960521	199807
KR 97077336	A	19971212	KR 9719765	A	19970521	199849
US 6145469	A	20001114	US 97853449	A	19970509	200060

Priority Applications (No Type Date): JP 96125770 A 19960521

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 808918	A2	E 28	C23C-016/50	
Designated States (Regional): DE FR GB IT NL				
JP 9310181	A	15	C23C-016/50	
KR 97077336	A		H01L-021/31	
US 6145469	A		C23C-016/00	

Abstract (Basic): EP 808918 A

A plasma processing apparatus comprises: (i) a substrate holder, in a vacuum reaction vessel consisting at least partially of a dielectric member; (ii) a process gas feed; and (iii) a cathode arranged outside the vessel to supply high frequency power to the vessel through a matching circuit. Also claimed is a plasma processing method using the above apparatus. Further claimed is a method of producing an electrophotographic photosensitive device or an image input line sensor which includes the deposition of alpha -Si film.

ADVANTAGE - The apparatus gives a uniform plasma processing over a relatively large area at a higher rate than a conventional process.